

SimuRob

Simulador del Robot IRB-1400



Índice: Manual del Usuario

2.- MANUAL DEL USUARIO.

2.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA.	92
2.1.1.- Ventana principal.	92
2.1.2.- Consola virtual de programación.	93
2.2.- UTILIDADES	94
2.2.1.- Visualización de ejes.	94
2.2.2.- Zoom general y local.	95
2.2.3.- Rotación de la escena.	96
2.2.4.- Planta y alzado.	97
2.2.5.- Función de traza.	98
2.2.6.- Positivo y negativo.	99
2.2.7.- Cambio del color de fondo.	99
2.3.- MANEJO DEL ROBOT VIRTUAL.	100
2.3.1.- Primeros pasos. Diálogo "Movimiento."	100
2.3.2.- Manejo desde consola.	101
2.3.2.1.- Datos angulares.	102
2.3.3.- Manipulación de objetos.	103
2.4.- LENGUAJE RAPID	104
2.4.1.- Programación desde consola.	104
2.4.2.- Grabado de movimientos.	106
2.4.3.- Simulación de programas.	107



2.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA.

SimuRob es un programa simulador del robot antropomórfico IRB-1400, bajo Windows, programado en Visual C++. El interfaz con el usuario consta básicamente de una ventana principal y una consola virtual de programación. La mitad derecha de la ventana principal está dedicada a la representación gráfica del robot virtual y la escena programada. La mitad izquierda está destinada a la edición de programas RAPID (lenguaje de programación del IRB-1400).

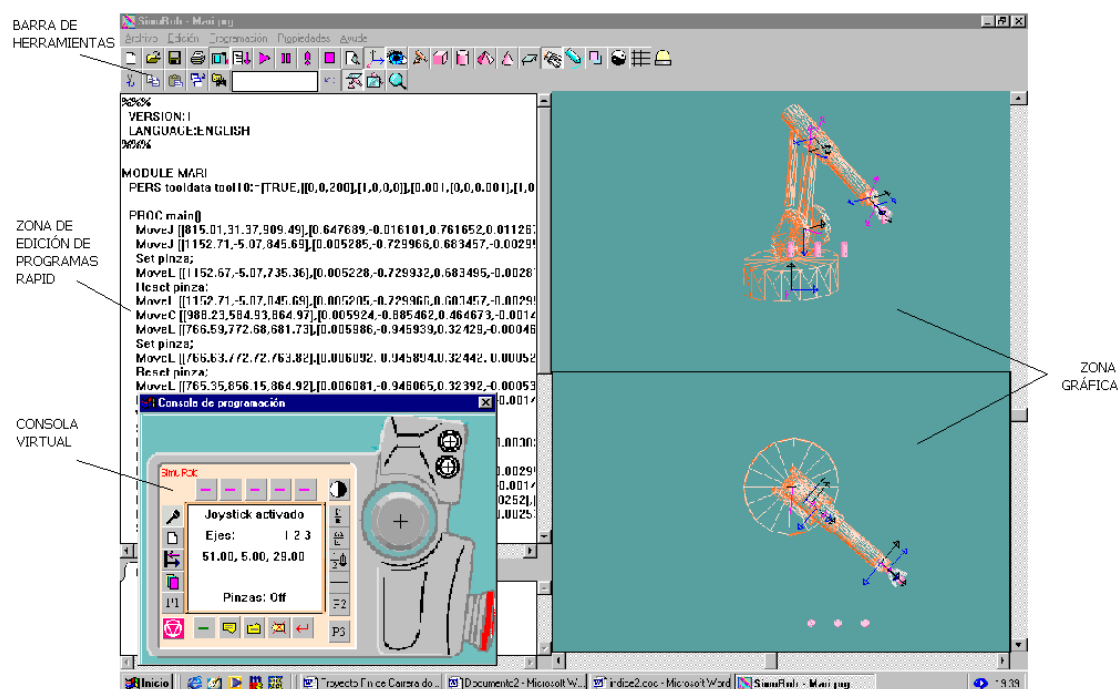


Figura 2.1. Apariencia del programa SimuRob

2.1.1.- Ventana principal.

La ventana principal de SimuRob contiene los siguientes elementos:

- Zona gráfica: Utilizada para la visualización de la escena programada
- Zona de edición de programas RAPID.
- Barra de herramientas.
- Menú.

Los componentes de la barra de herramientas se muestran en la *Figura 2.2*. La mayoría de las funciones accesibles desde ella están incluidas también en el menú.

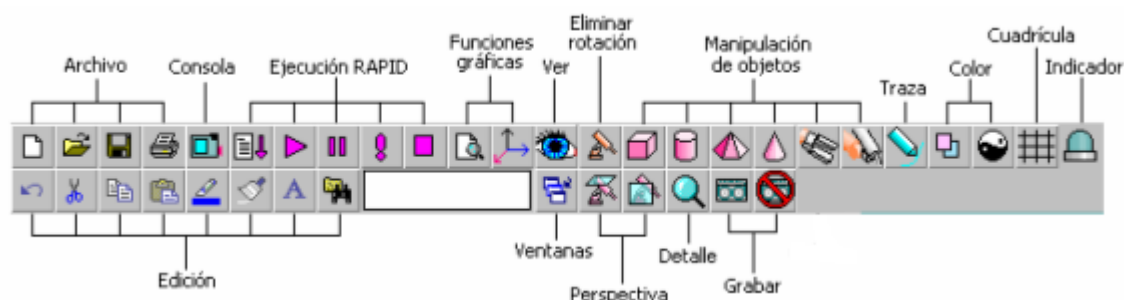


Figura 2.2. Barra de herramientas.

2.1.2.- Consola virtual de programación.

SimuRob dispone de una consola virtual de programación que emula a la consola que gobierna al IRB-1400. El objetivo de la misma es familiarizar al usuario en el manejo del robot lo más parecido posible a la realidad. Dicha consola, al igual que su homóloga real, posee un joystick virtual que se emplea en el movimiento del robot. Un detalle de la consola de programación se puede observar en la *Figura 2.3*. Para tener acceso a ella el usuario deberá seleccionar el icono “Consola” en la barra de herramientas de la ventana principal (*Figura 2.2*).



Figura 2.3. Consola virtual de programación.

Para comenzar a mover el robot desde la consola de programación deberá seleccionarse el icono “Movimiento” dentro de la consola (*Figura 2.3*), seguidamente se seleccionará “Ejes/Lineal” (según el tipo de movimiento). Si se ha elegido el movimiento de ejes, el usuario deberá pulsar “Primeros/Segundos” para los ejes 1, 2 y 3 del robot o los ejes 4, 5 y 6. Mediante el joystick será posible el manejo del robot

virtual (véase *Tabla 2.1*). El movimiento de torsión en el joystick se produce al pulsar el botón derecho del ratón.

Tabla 2.1. Combinación de movimientos del joystick

Control Ejes/lineal	Control 1º/2º	Posición del joystick	Movimiento resultante
Off	-	derecha	lineal +x
		izquierda	lineal -x
		arriba	lineal +y
		abajo	lineal -y
		torsión arriba	lineal +z
		torsión abajo	lineal -z
On	Off	derecha	Eje 1 (+)
		izquierda	Eje 1 (-)
		arriba	Eje 2 (+)
		abajo	Eje 2 (-)
		torsión arriba	Eje 3 (+)
		torsión abajo	Eje 3 (-)
On	On	derecha	Eje 4 (+)
		izquierda	Eje 4 (-)
		arriba	Eje 5 (+)
		abajo	Eje 5 (-)
		torsión arriba	Eje 6 (+)
		torsión abajo	Eje 6 (-)

2.2.- UTILIDADES.

La filosofía empleada en la programación de SimuRob, ha sido la de facilitar en todo momento el manejo del programa a los futuros usuarios, mejorando en lo posible los inconvenientes y obstáculos que presentan programas similares (véase apartado 1.1.4 de la Memoria). Para la consecución de sus objetivos ha sido necesaria la inclusión de las siguientes utilidades:

2.2.1. - Visualización de ejes.

La visualización de ejes es una utilidad que permite al usuario la observación de movimientos relativos de los eslabones robóticos con claridad, obteniendo una imagen intuitiva de la cinemática del IRB-1400. (Véase *Figura 2.4*).

Al seleccionar sobre la barra de herramientas el icono “Ejes”  el robot virtual se vuelve transparente mostrando los ejes en su interior. Dichos ejes forman los sistemas de referencia de las articulaciones posicionados según el algoritmo de Denavit-Hartenberg (véase el apartado 1.4.2.3 de la Memoria). El usuario podrá de esta forma identificar fácilmente el sentido positivo de rotación de ejes, así como la influencia del giro de cada articulación en el posicionado final del extremo del robot y su orientación.

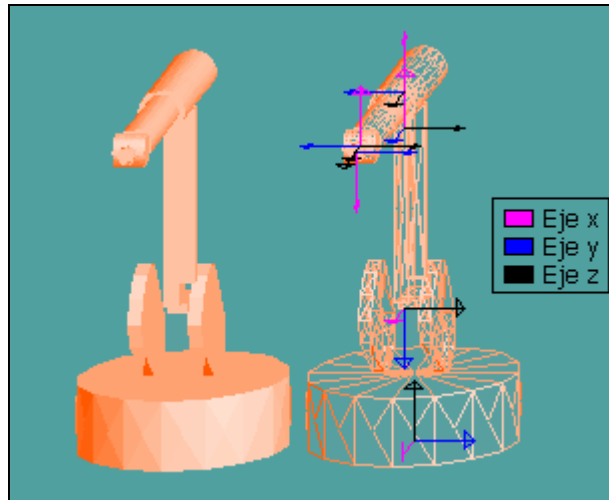


Figura 2.4. Robot virtual mostrando ejes en su interior.

2.2.2. - Zoom general y local.

SimuRob dispone de un zoom general y un zoom local, ambos disponibles en la barra de herramientas (Figura 2.2).

Zoom general:

Pulsando el icono “Zoom”  de la barra de herramientas SimuRob mostrará el cuadro de diálogo de la Figura 2.5. El usuario deberá introducir el factor de ampliación o reducción de la escena expresado en “tanto por 1”. El cuadro de diálogo mostrado con un factor de zoom de 2.00, ampliará la escena al doble de su tamaño actual.



Figura 2.5. Cuadro de diálogo para zoom local.

Zoom local:

Pulsando el icono “Detalle”  en la barra de herramientas, el programa ofrecerá un recuadro en el que se mostrarán ampliadas las zonas de la escena donde el usuario haga ‘clic’. (Ver Figura 2.6).

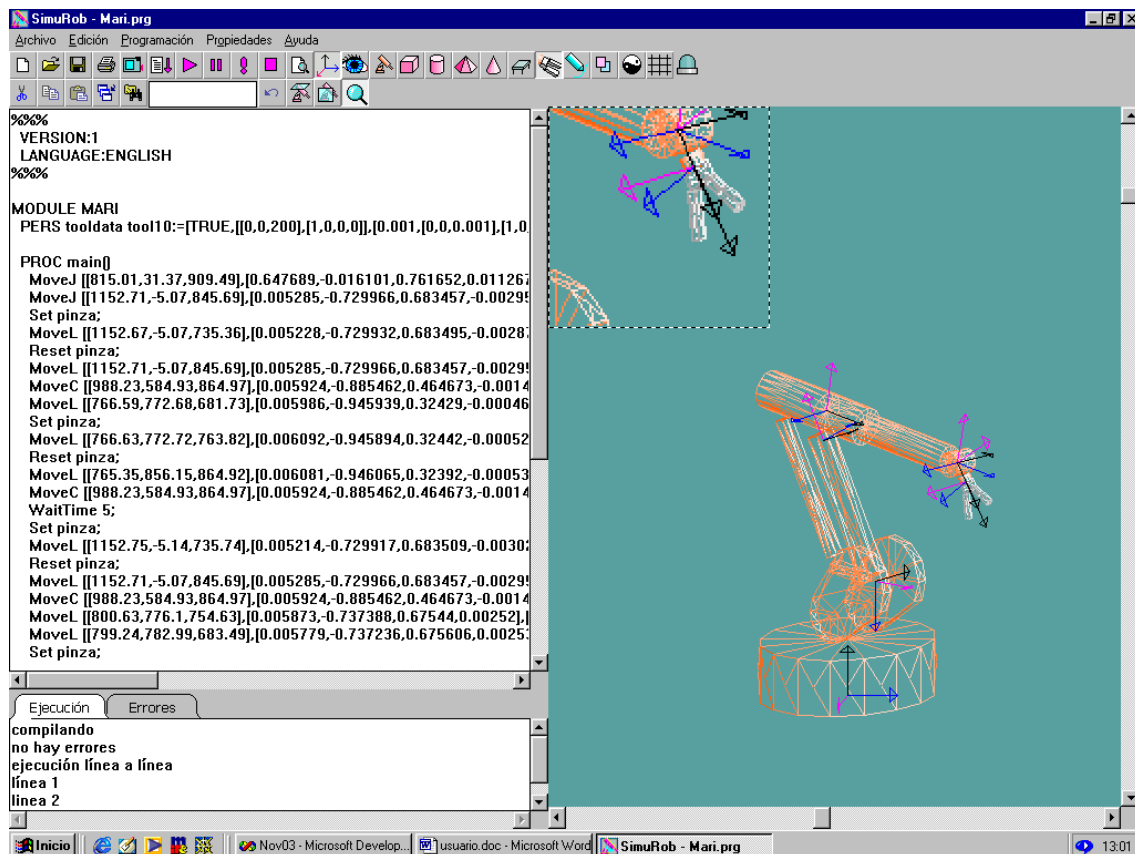


Figura 2.6. Detalle de activación de zoom local.

2.2.3. - Rotación de la escena.

Para un mayor detalle en la visualización desde todos los ángulos de la escena, SimuRob incluye la posibilidad de rotarla con el ratón (véase Figura 2.7). Para proceder a la mencionada rotación deberán seguirse los siguientes pasos:

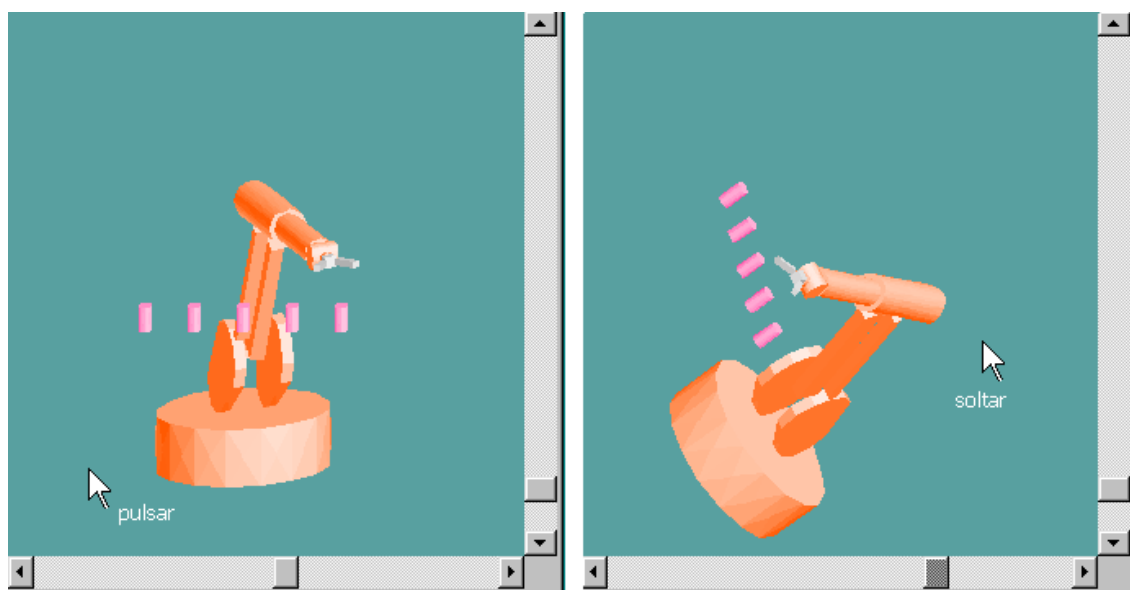


Figura 2.7. Rotación de la escena con el ratón.

1. Hága 'clic' en un punto cualquiera de la zona gráfica. (primer punto).
2. Arrastre el ratón hasta alcanzar un segundo punto.
3. Suelte del botón del ratón.

El programa calculará los ángulos que debe girar la escena para responder a la rotación impuesta. El manejo es similar a la rotación de una esfera con la mano. Para volver a ver la escena con rotación nula deberá pulsarse el icono de la barra de herramientas "Deshacer rotación"  (Figura 2.2).

2.2.4. - Planta y alzado.

En ocasiones es necesaria la visualización de la escena desde distintos ángulos de manera simultánea, como es el caso de la manipulación de objetos por el robot virtual, en la que es necesaria una visión tridimensional imposible de realizar en la pantalla bidimensional del ordenador. Para solventar esta contingencia, SimuRob tiene implementadas funciones que ofrecen la planta y el alzado de la escena, simultáneamente o por separado y conjuntamente con la escena vista desde el ángulo que elija el usuario. Las posibilidades en la visualización son las que se detallan a continuación:

- Planta.
- Alzado.
- Planta + Alzado.

Planta:

Cuando el usuario elige el control "Planta"  en la barra de herramientas (Figura 2.2) la zona gráfica de la ventana principal se divide mostrando en su parte superior la escena con la rotación que el usuario imponga, y en la parte inferior se ofrecerá la vista en planta correspondiente con rotación nula (véase Figura 2.7-a).

Alzado:

Si el usuario elige el control "Alzado"  situado a la derecha del icono anterior, la parte inferior de la zona gráfica mostrará la vista seleccionada. Esta información visual es importante si el usuario ha impuesto previamente una rotación a la escena y requiere visualizar simultáneamente desde ambas perspectivas (Figura 2.7-b).

Planta y alzado:

SimuRob ofrece la posibilidad de visualización simultánea de la planta y alzado, conjuntamente con la vista rotada por el usuario mediante las pulsaciones del ratón (Figura 2.7-c). Como en los casos anteriores la vista sin modificar se observa en la parte superior de la zona gráfica, mientras que la parte inferior queda dividida por la mitad. A la izquierda se ofrecerá la planta de la escena programada. El alzado se dibujará en la parte derecha.

En todos los casos anteriores se posibilita el movimiento del robot de forma simultánea.

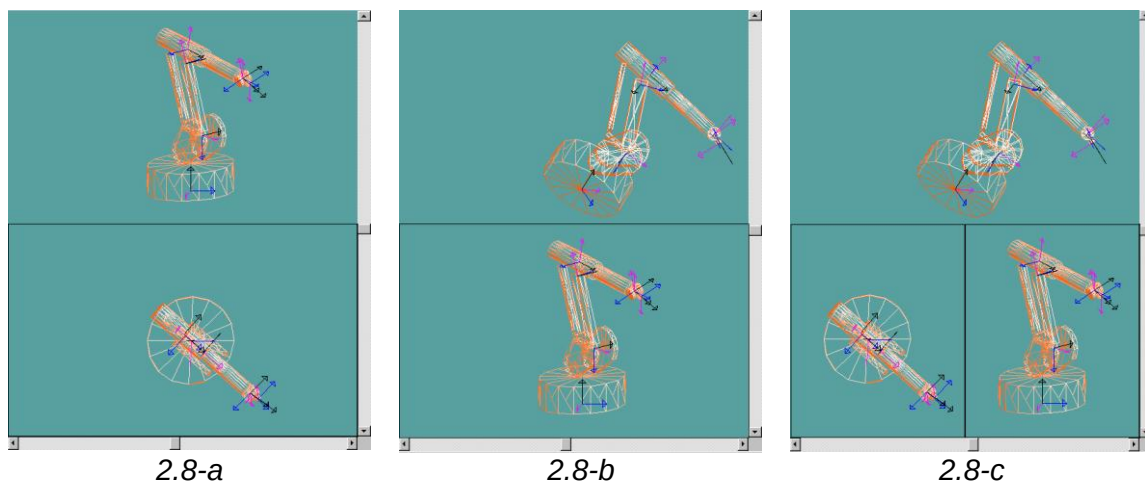


Figura 2.8. Distintos puntos de vista de la escena.

2.2.5. - Función de traza.

En ocasiones, es necesario visualizar la trayectoria del extremo del robot. Esto puede ser necesario para simular funciones de soldadura, pintura de superficies, etc. Mediante la función de traza, el extremo del robot dejará una estela, indicando los puntos recorridos en su movimiento.

Seleccionando el icono “Trazar”  en la barra de herramientas del programa, se activará la presente función. Mientras el icono esté pulsado será posible la observación de la trayectoria del extremo del robot virtual (véase Figura 2.9).

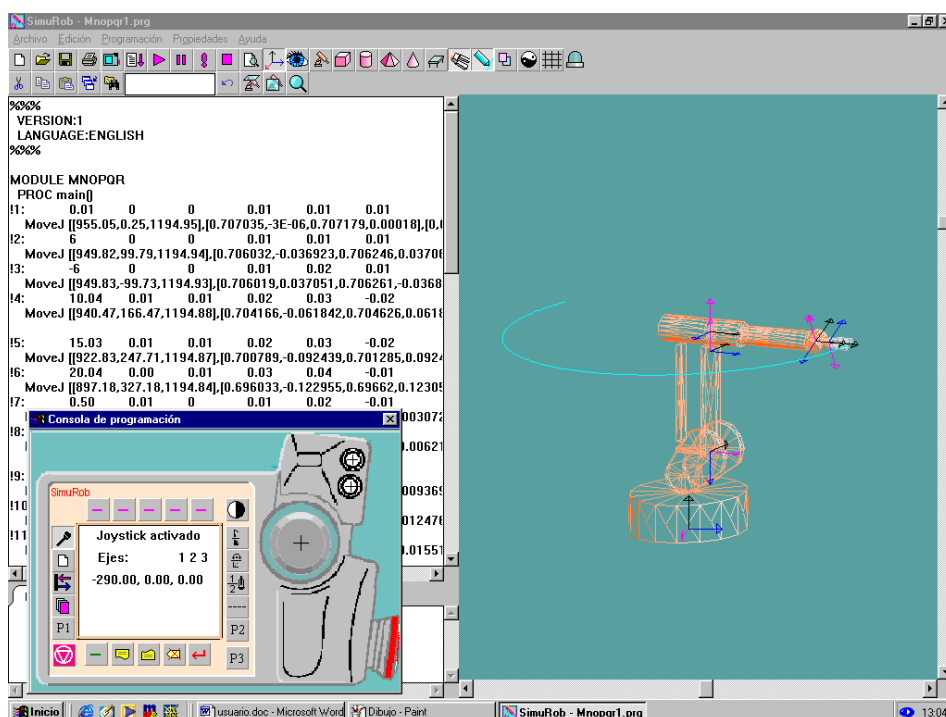


Figura 2.9. Efecto de la función de traza.

También es posible acceder a la función de traza pulsando con el botón derecho del ratón sobre la zona gráfica. Aparecerá entonces un menú flotante en el que se podrá seleccionar la opción “Traza”.

2.2.6. - Positivo y negativo.

En la manipulación de objetos, a veces es necesario aumentar el contraste de color entre objeto y robot. Cuando se selecciona la función positivo/negativo, el color del robot se muestra en negativo aumentando el contraste con los objetos que manipula, mejorando la precisión del usuario.

Pulsando el control “Positivo - negativo”  de la barra de herramientas se selecciona la mencionada función. Un ejemplo de su cometido queda reflejado en la *Figura 2.10*. Al volver a pulsar el mencionado control, el robot virtual volverá a su color normal.

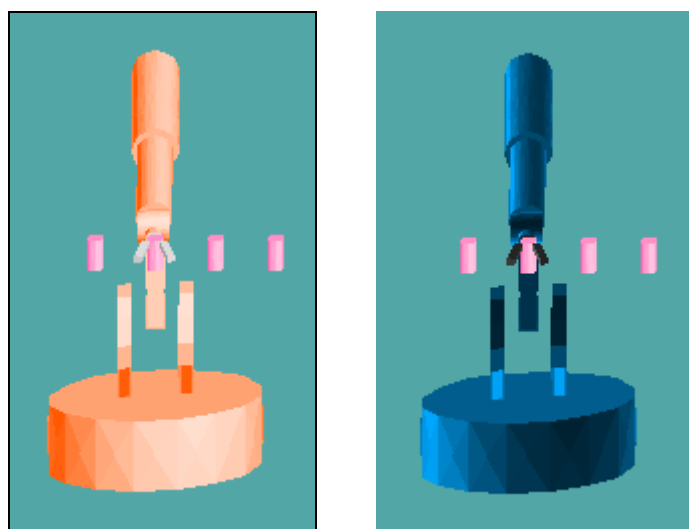


Figura 2.10. Función “Positivo – negativo”.

2.2.7. - Cambio del color de fondo.

Pulsando sobre el icono “Fondo”  en la barra de herramientas aparecerá el cuadro de diálogo de la *Figura 2.11* en el cual el usuario podrá seleccionar el color de fondo deseado para la escena.

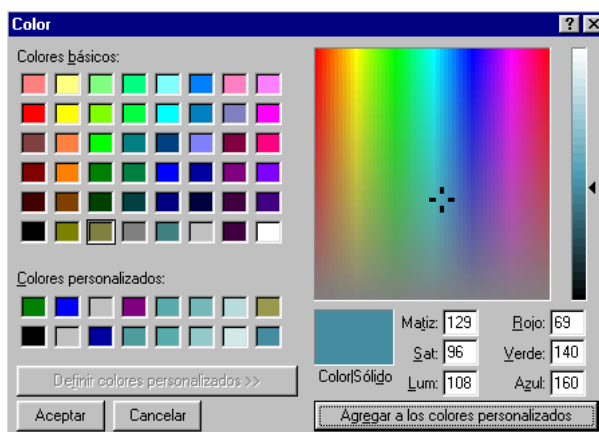


Figura 2.11. Cuadro de diálogo para cambio del color de fondo.

2.3.- MANEJO DEL ROBOT VIRTUAL.

En el presente apartado se abordan todos los aspectos relativos al manejo del robot virtual, desde los primeros pasos para usuarios noveles a los detalles relativos a la manipulación de objetos.

2.3.1. - Primeros pasos. Diálogo “Movimiento”.

Seleccionando el icono “Ver”  de la barra de herramientas aparecerá el cuadro de diálogo de la *Figura 2.12* (cuadro de diálogo “Movimiento”) el cual consta de los siguientes controles:

- Edición de ángulos para articulaciones del robot (expresados en *deg*).
- Edición de coordenadas del extremo (expresado en *cm.*).
- Edición del cuaternio de orientación del extremo.
- Modo de operación.
- Ejes interactivos.
- Control de posición inicial.
- Control de validación (O.K.).

El modo de operación selecciona entre cinemática directa e inversa. Por defecto estará marcada la casilla correspondiente a la cinemática directa.

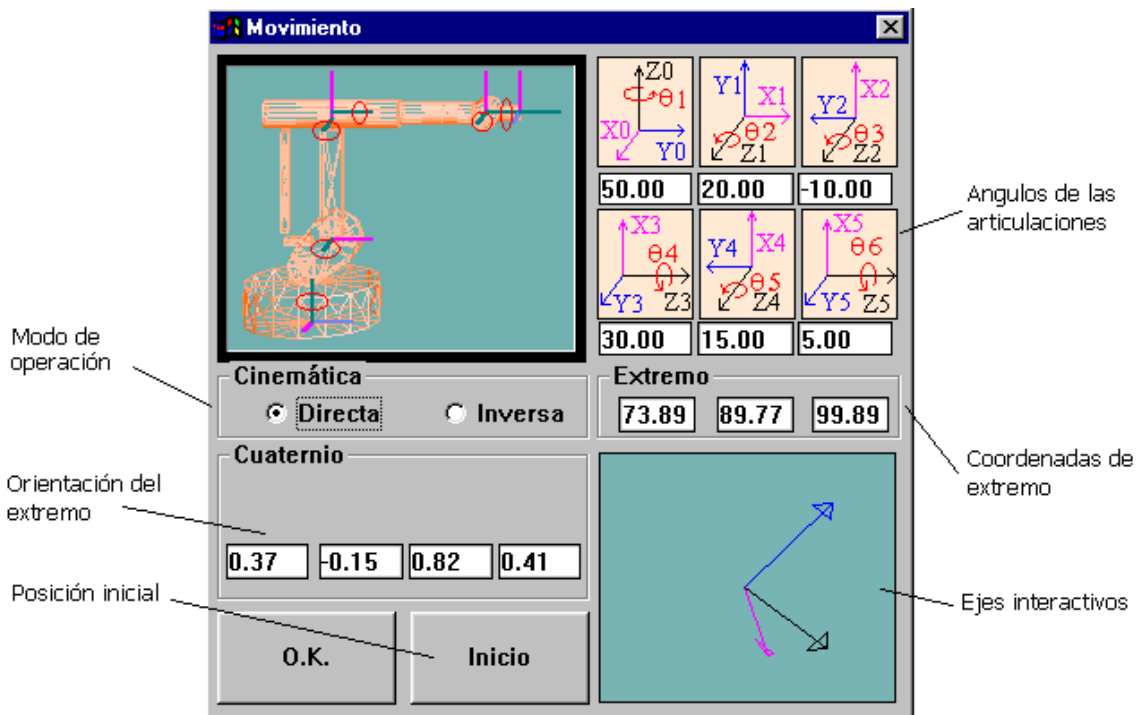


Figura 2.12. Cuadro de diálogo “Movimiento”.

Cinemática directa:

Estando seleccionado este modo de operación, el usuario podrá introducir los datos de los ángulos de giro de las articulaciones robóticas expresados en *deg*, seguidamente pulsará O.K. SimuRob tomará estos datos y el robot virtual, emulando al

real, irá girando sus eslabones los grados requeridos. Cuando llegue a la posición destino, el cuadro de diálogo mostrará las coordenadas correspondientes a la posición y orientación del extremo, y en la zona de ejes interactivos se dibujará el sistema de la extremidad robótica.

Realizando el movimiento eslabón por eslabón puede llegarse a la comprensión de la cinemática directa. Esta opción es recomendable para aquellos usuarios que se enfrentan por primera vez al manejo del IRB-1400.

Cinemática inversa:

Seleccionando el modo de operación de cinemática inversa, el usuario deberá introducir la posición deseada para el extremo del robot. Pulsando sobre los ejes interactivos podrá orientarlos como desee. El resultado de la orientación se mostrará en la zona correspondiente a la representación del cuaternio. Al pulsar O.K. el programa calculará los ángulos que deben de girar las articulaciones para alcanzar la posición y la orientación solicitada por el usuario. El robot virtual se moverá entonces. Cuando alcance su objetivo, se dibujarán los ejes del extremo en la zona de ejes interactivos, pudiendo el usuario comprobar si la operación se ha realizado con éxito.

Con la ejecución del presente cuadro de diálogo, puede llegarse a la comprensión del concepto de cuaternio [3], cinemática inversa y cinemática directa, necesarias para un eficiente manejo del IRB-1400.

Errores:

Cuando el usuario marca posiciones y orientaciones imposibles de alcanzar por el robot real, SimuRob mostrará los mensajes de error de la articulación correspondiente.

Posición inicial:

Para volver a la posición inicial o posición cero se recomienda pulsar el control “Inicio” en el cuadro de diálogo.

2.3.2. - Manejo desde consola.

SimuRob incluye la posibilidad de dirigir los movimientos del robot virtual mediante la consola virtual de programación. El usuario deberá seguir los siguientes pasos:

- a) Pulsación del icono “Consola”  en la barra de herramientas, para la obtención del cuadro de diálogo “Consola virtual de programación” mostrado en la *Figura 2.3*. Este cuadro de diálogo es similar a la consola de programación del IRB-1400. Las funciones que contiene pretenden emular a las funciones de la consola del robot real.
- b) Pulsación del icono “Movimiento” , dentro de la consola virtual, para **activar el joystick**, imprescindible para mover al robot. Si el joystick no está activado el robot no se moverá.
- c) Pulsación del icono “Ejes/Lineal” . Su función es seleccionar el tipo de movimiento. Activa alternativamente el movimiento “lineal” y el movimiento “eje a eje”. En el movimiento lineal el extremo del robot seguirá una línea recta incrementando su coordenada x, y o z según la posición del joystick (véase *Tabla 2.1*). Por el contrario el movimiento “eje a eje” permite mover los ejes del

robot por separado. Si se ha seleccionado esta última opción el usuario podrá elegir entre los tres primeros ejes o los últimos ejes para ello deberá seguir el párrafo c.1.

c.1) Pulsación del icono “Primeros/Segundos” . Activa alternativamente el movimiento para los ejes 1, 2 y 3 o los ejes 4, 5 y 6. De todas las operaciones realizadas, la consola informará al usuario mediante su visualizador (Figura 2.13).

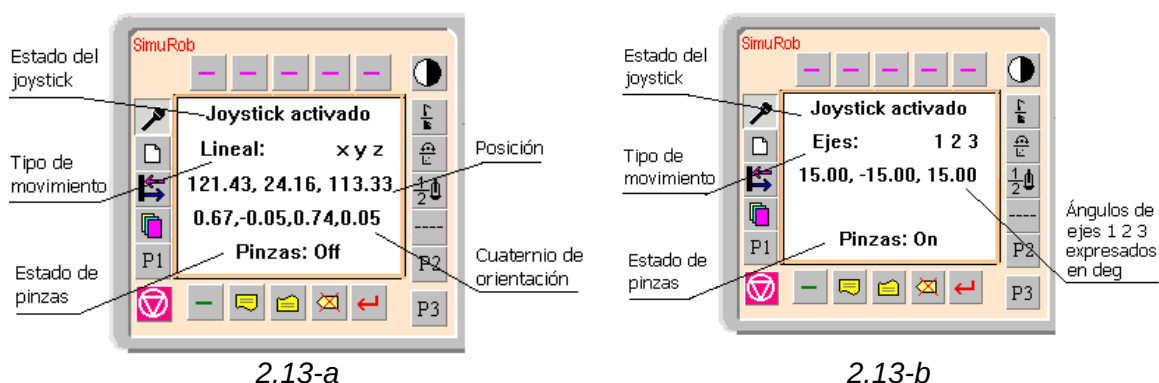


Figura 2.13. Mensajes del visualizador de la consola

2.3.2.1.- Datos angulares.

La presentación de datos angulares en la consola del IRB-1400 presenta una peculiaridad respecto a los ángulos de las articulaciones 2 y 3 del robot. Si se considera el esquema del robot según el algoritmo de Denavit-Hartenberg las articulaciones 2 y 3 estarán situadas en O_1 y O_2 según se indica en la Figura 2.13 mientras que según la consola del robot, el movimiento 2 significa “adelante o atrás manteniendo la inclinación” y el movimiento 3 se contempla como “inclinación”. La relación entre ambas será por tanto la de la Tabla 2.2.

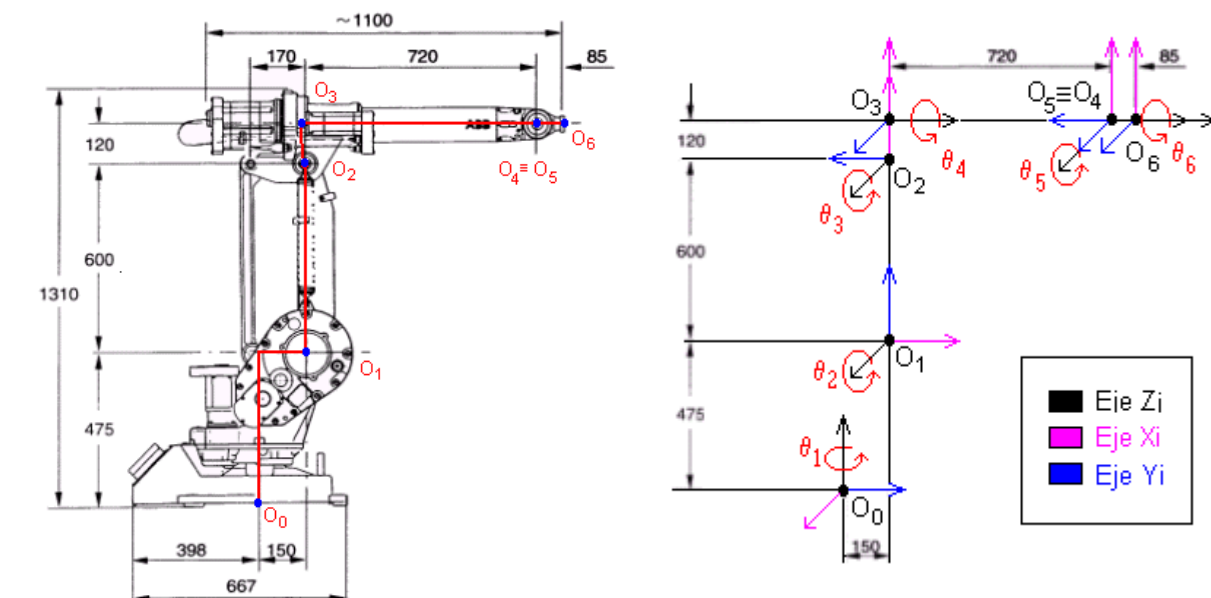


Figura 2.14. Situación de las articulaciones del IRB-1400.

Tabla 2.2. Relación entre datos angulares.

Consola	Articulaciones	
Tipo de movimiento	2	3
Eje 2 $\rightarrow \theta^\circ$	$+\theta^\circ$	$-\theta^\circ$
Eje 3 $\rightarrow \theta^\circ$	0	$+\theta^\circ$

Debido a lo expuesto en la consola virtual los datos se mostrarán como lo haría la consola real de IRB-1400, mientras que en el diálogo “Movimiento” se muestran los ángulos girados en realidad por las articulaciones del robot (véase apartado 2.3.1).

2.3.3. - Manipulación de objetos.

Pulsando sobre el icono “Pinzas”  en la barra de herramientas se posibilita la manipulación de objetos. Para la situación de los mismos deberá seleccionarse el icono correspondiente sobre la barra de herramientas. Los iconos disponibles para los objetos se muestran en la Figura 2.15.



Figura 2.15. Iconos para manipulación de objetos.

Una vez colocadas las pinzas en el extremo del robot, pulsando alguno de los iconos para situar objetos (Figura 2.15) aparecerá un cuadro de diálogo similar al mostrado en la Figura 2.16.

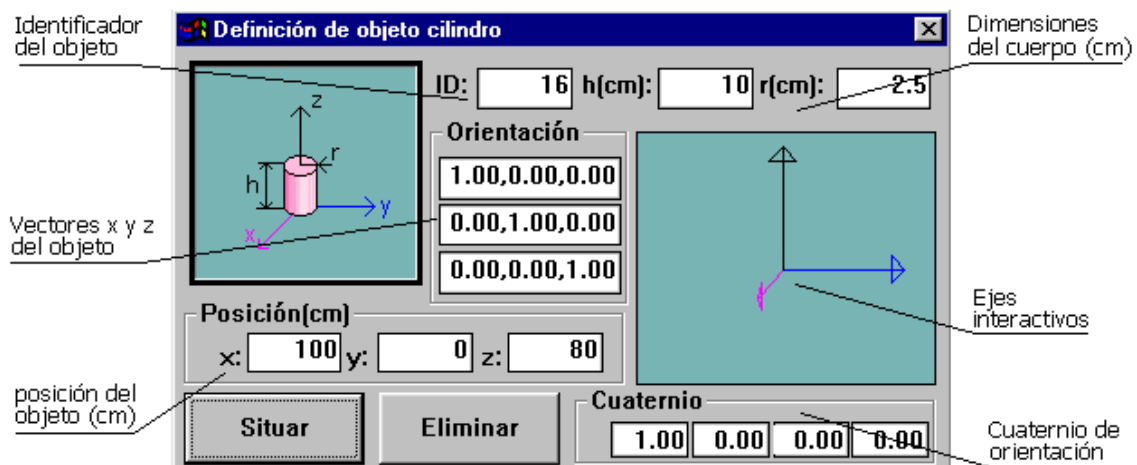


Figura 2.16. Cuadro de diálogo para situación de objetos.

El usuario deberá introducir los datos de dimensiones del cuerpo seleccionado. La Figura 2.16 muestra los datos correspondientes a un cuerpo cilíndrico. La orientación de los ejes locales del cuerpo se muestra en la zona de ejes interactivos.

En ella el usuario podrá girar los ejes locales del objeto hasta conseguir la orientación deseada. Una vez introducida la posición deseada, y pulsando el control “Situar”, el objeto aparecerá en la zona gráfica de la ventana principal en la posición y con la orientación deseada.

Para proceder a la manipulación de los objetos en sí deberá activarse la consola virtual. Desde ella y pulsando sobre el control “Entradas/salidas”  se abrirán y cerrarán las pinzas. Podrán de esta manera manipular objetos como se procede en la vida real. Mediante el joystick se moverá el robot y las pinzas cogerán y soltarán a los objetos que el usuario desee.

2.4.- LENGUAJE RAPID.

El lenguaje RAPID es el lenguaje de programación del IRB-1400 creado por la casa ABB Robotics. Consta de una serie de instrucciones que indican al robot las posiciones y orientaciones de su extremo, además de apertura y cierre de pinzas, etc.

El interfaz de proporcionado por SimuRob, permite la programación del robot sin necesidad de que el usuario tenga conocimientos del lenguaje. Para más detalles véase el apartado 1.6 de la Memoria del presente proyecto, y [5] Guía de Referencia RAPID proporcionada en la bibliografía.

2.4.1. - Programación desde consola.

La programación de SimuRob desde la consola virtual es similar a la programación del IRB 1400 desde su propia consola.

Los pasos a seguir serán:

1. *Pulse el icono “Consola”*  en la barra de herramientas. Con ello se invocará al cuadro de diálogo correspondiente a la consola virtual de programación.
2. *Pulse el icono “Programación”*  dentro de la consola virtual. Esto activará la pantalla de programación. (Véase *Figura 2.17*).
3. *Seleccionando el icono “Cabecera”*  se situará la cabecera del programa RAPID. Este paso es necesario cada vez que se comienza a escribir un archivo. Sin ella el robot IRB-1400 será incapaz de interpretar el programa que se va a escribir a continuación.
4. *Pulsando el icono “Movimiento”*  sitúe al robot en la posición y orientación que desee. Desaparecerá la pantalla de programación y podrá observarse el visualizador normal de la consola que indicará posición, orientación y tipo de movimiento elegido. (Véase *Figura 2.13*). (Asegúrese de que el joystick esté activado, si no lo estuviera realícese una segunda pulsación del icono “Movimiento”).

5. Para grabar la posición pulse “Programación”  y vuelva a la pantalla de programación. En ella seleccione la opción que desee. Las opciones que se ofertan son:

MoveJ: movimiento hacia posición actual del robot. Mueve el robot desde la posición anterior hasta la posición actual.

MoveL: Ídem al anterior pero con una trayectoria lineal.

MoveC: La trayectoria será circular. Para ello el usuario deberá introducir otro punto más, repitiendo los pasos 4 y 5 y volviendo a seleccionar **MoveC**.

Set: programa la apertura de pinzas.

Reset: programa el cierre de pinzas.

WaitTime: programa el tiempo de espera (s).

Velocidad: del extremo del robot en (mm/s).

Precisión: podrá ser “fine” (si se desea exactitud) o “z” (si se desea que el robot se posicione en una zona próxima indicando la distancia en mm).

MoveAbsJ: Ídem a **MoveJ**, empleando datos angulares.



Figura 2.17. Pantalla de programación en la consola virtual.

6. Pulse el icono “Intro”  de la consola para seleccionar una de las opciones anteriores.
7. Repita pasos 4 y 5 sucesivamente hasta grabar todas las posiciones que desee.
8. Seleccione “Fin de Programa”  para situar el final del programa RAPID.

9. Cierre la consola virtual.
10. En la ventana principal podrá observar y corregir si lo desea el programa RAPID generado.
11. Grábelo pulsando las opciones de archivo de menú o de la barra de herramientas.
12. Insertando el disquete en el armario controlador del IRB-1400 podrá observar cómo el programa generado es ejecutado por el robot en la realidad

Un detalle de la codificación RAPID puede observarse en la *Figura 2.18*.

```

%%
VERSION:1
LANGUAGE:ENGLISH
%%

MODULE SIMUROB
PROC main()
! ConfJ\Off;
! ConfL\Off;
MoveJ [[955.00,-0.00,1195.00],[0.7,0,0.7,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],v50,z30,tool0;
MoveAbsJ [[0,0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],v50,z30,tool0;
MoveL [[934.13,198.56,1195.00],[0.7,-0.06,0.7,0.08],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],v50,z30,tool0;
MoveAbsJ [[3,0,0,-101,0,-258],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],v10,z10,tool0;
MoveAbsJ [[8,0,0,101,0,-100],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],v10,z10,tool0;
MoveAbsJ [[12,0,0,-7,0,9],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],v10,z10,tool0;
MoveAbsJ [[26,0,0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],v10,z10,tool0;
MoveAbsJ [[40,0,0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],v10,z10,tool0;
MoveL [[645.39,777.48,1194.42],[0.6,-0.3,0.6,0.2],[0,-2,-3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],v50,z30,tool0;
MoveAbsJ [[41,0,0,-16,0,376],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],v10,z10,tool0;
MoveAbsJ [[44,2,0,3,0,354],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],v10,z10,tool0;
MoveAbsJ [[47,3,0,20,0,336],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],v10,z10,tool0;
MoveAbsJ [[50,5,0,-147,0,143],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],v10,z10,tool0;
Set pinza
MoveJ [[955.00,-0.00,1195.00],[0.7,0,0.7,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],v50,z30,tool0;
MoveAbsJ [[0,0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],v50,z30,tool0;
Reset pinza
WaitTime 5;

ENDPROC
ENDMODULE

```

Diagrama de anotaciones para la Figura 2.18:

- Cabecera:** Indica las líneas de configuración (%%, VERSION:1, LANGUAGE:ENGLISH, %%).
- Módulo:** Indica la línea MODULE SIMUROB.
- Procedimiento principal:** Indica la línea PROC main().
- Comentarios:** Indica las líneas que comienzan con !.
- Instrucciones:** Indica las líneas de código RAPID (MoveJ, MoveAbsJ, MoveL, Set pinza, WaitTime).
- Final procedimiento:** Indica la línea ENDPROC.
- Final del módulo:** Indica la línea ENDMODULE.

Figura 2.18. Codificación de un programa RAPID.

2.4.2. - Grabado de movimientos.

Además de la programación convencional a través de consola virtual, seleccionando las distintas opciones de movimiento, SimuRob ofrece la posibilidad de grabar los movimientos del robot sin necesidad de interfaz de programación. Para ello deberán seguirse los siguientes pasos:

1. Pulsando el icono "Consola"  en la barra de herramientas, llame a la consola de programación virtual.
2. Active el joystick mediante la pulsación del icono "Movimiento" . Asegúrese que está activado. Si no fuera así realícese una segunda pulsación.

3. *Seleccione el tipo de movimiento* siguiendo el apartado 2.3.2 (Manejo desde Consola).
4. *Haga clic en el icono “Grabar”*  de la consola virtual. Esto insertará una cabecera de programación RAPID en la zona de edición. Seguidamente iniciará un temporizador que cada 2 segundos irá grabando los movimientos del robot. De esta manera podrá hacer todos los movimientos sin preocuparse de irlos grabando de manera convencional.
5. *Si desea hacer una pausa en la grabación seleccione “Pausa”*  dentro de la consola. Aproveche para realizar las operaciones que desee (cambio de ejes, cambio de tipo de movimiento, etc.).
6. *Cuando quiera terminar la grabación pulse “Fin de grabación”* . Esto eliminará el temporizador y situará un código de fin de programa RAPID.
7. *Cierre la consola virtual.*
8. *En la ventana principal* podrá observar y corregir si lo desea el programa RAPID generado.
9. *Grábelo* pulsando las opciones de archivo de menú o de la barra de herramientas.
10. *Insertando el disquete* en el armario controlador del IRB-1400 podrá observar cómo el programa generado es ejecutado por el robot en la realidad

2.4.3. - Simulación de programas.

Los programas RAPID realizados, se pueden ejecutar y simular por el robot virtual. Para ello deberán seguirse los siguientes pasos:

1. *Seleccione el icono “Run”*  en la barra de herramientas. El robot empezará a ejecutar el código escrito. En la ventana de edición aparecerá resaltada la línea en ejecución, mientras que en la ventana de mensajes se mostrará la codificación de la instrucción tal y como la interpreta SimuRob.
2. *Si desea interrumpir la ejecución pulse “Pausa”* . El robot se detendrá. Una nueva pulsación continuará la ejecución del programa RAPID a partir del punto en que fue interrumpido.
3. *Pulsando el icono “Step”*  podrá seleccionar la línea a ejecutar (el icono “Pausa” deberá estar activado).
4. *Para abortar la ejecución pulse “Stop”* .
5. *Si desea verificar errores pulse “Compilar”* . Podrá comprobar cómo los programas RAPID realizados con SimuRob no contienen errores.

SimuRob incorpora programas ejemplo, listos para simular. Estos son:

- *EJES.PRG* Realiza el movimiento secuencial de los ejes del robot
- *MANIPULA.PRG* Ejemplo de manipulación de objetos. Para poder observar todo su potencial deberán situarse los siguientes cuerpos:

- **Altura:** $h = 10 \text{ cm}$.
 - **Radio:** $r = 2.5 \text{ cm}$.
 - **Orientación:** *vertical* $[1,0,0,0]$
 - **Coordenadas espaciales (cm.):**
 - Objeto 1:* $(100, 0, 80)$.
 - Objeto 2:* $(100, 20, 80)$.
- **SOLDADURA.PRG.** Pretende realizar la trayectoria de soldadura de una arista de un bloque prismático con las siguientes características.
- **Altura:** $h = 50 \text{ cm}$.
 - **Lado:** $r = 10 \text{ cm}$.
 - **Orientación:** *vertical* $[1,0,0,0]$.
 - **Posición (cm.):** $(100, 0, 80)$.